

PAT-NO: JP409129427A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09129427 A

**TITLE: RARE EARTH BOND MAGNET, COMPOSITE FOR RARE
EARTH BOND MAGNET AND
MANUFACTURE OF RARE EARTH BOND MAGNET**

PUBN-DATE: May 16, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

AKIOKA, KOJI

TAKEI, MITSURU

SHIRAI, ISATO

NAKAMURA, YOSHIKI

IKUMA, TAKESHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO EPSON CORP	N/A

APPL-NO: JP07287697

APPL-DATE: November 6, 1995

INT-CL_(IPC): H01F001/08; C22C038/00 ; H01F041/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rare earth bond magnet excellent in molding and magnetic characteristics while utilizing advantages of injection molding with a small amount of bonding resin.

SOLUTION: This rare earth bond magnet is a magnet manufactured by injection molding and contains rare earth magnet powder and thermocuring resin . A content of rare earth magnet powder in the magnet is 68 to 76vol%. As the rare earth magnet powder, are consisting, for instance, of an Sm-Co group alloy, an R-Fe-B group alloy (provided that R denotes at least one kind of rare earth elements containing Y), and an Sm-Fe-N group alloy or, when necessary, a mixture thereof is used. As the thermocuring resin, for instance, polyamide, an amorphous polymer and PPS are used.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-129427

(43)公開日 平成9年(1997)5月16日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 1/08			H 0 1 F 1/08	A
C 2 2 C 38/00	3 0 3		C 2 2 C 38/00	3 0 3 D
H 0 1 F 41/02			H 0 1 F 41/02	G

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平7-287697	(71)出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22)出願日	平成7年(1995)11月6日	(72)発明者	秋岡 宏治 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72)発明者	武居 充 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72)発明者	白井 勇人 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(74)代理人	弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 希土類ボンド磁石、希土類ボンド磁石用組成物および希土類ボンド磁石の製造方法

(57)【要約】

【課題】射出成形の利点を生かしつつ、少量の結合樹脂で、成形性、磁気特性に優れ、高機械的強度の希土類ボンド磁石を提供すること。

【解決手段】本発明の希土類ボンド磁石は、射出成形により製造される磁石であって、希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂とを含む。磁石中の希土類磁石粉末の含有量は、68～76 vol%である。希土類磁石粉末としては、例えばSm-Co系合金、R-Fe-B系合金（ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種）、Sm-Fe-N系合金よりなるもの、またはこれらを適宜混合したものが用いられる。熱可塑性樹脂としては、例えばポリアミド、液晶ポリマー、PPSが用いられる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂とを含む希土類ボンド磁石用組成物を用い、射出成形により製造される希土類ボンド磁石であって、

希土類ボンド磁石中の前記希土類磁石粉末の含有量が、68～76 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石。

【請求項2】 空孔率が2 vol%以下である請求項1に記載の希土類ボンド磁石。

【請求項3】 前記熱可塑性樹脂は、融点が400℃以下のものである請求項1または2に記載の希土類ボンド磁石。

【請求項4】 前記熱可塑性樹脂は、ポリアミド、液晶ポリマーまたはポリフェニレンサルファイドである請求項1ないし3のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項5】 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Ceを主とする遷移金属とを基本成分とするものである請求項1ないし4のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項6】 前記希土類磁石粉末は、R（ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種）と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするものである請求項1ないし4のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項7】 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするものである請求項1ないし4のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項8】 前記希土類磁石粉末は、請求項5、6および7に記載の希土類磁石粉末のうちの少なくとも2種を混合したものである請求項1ないし4のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項9】 無磁場中で成形された場合の磁気エネルギー積(BH)_{max}が6MG0e以上である請求項1ないし8のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項10】 磁場中で成形された場合の磁気エネルギー積(BH)_{max}が10MG0e以上である請求項1ないし8のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【請求項11】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂と酸化防止剤とを含み、射出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物であって、前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記希土類磁石粉末の含有量が、67.6～75.5 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項12】 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂と酸化防止剤とを含み、射出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物であって、

前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記熱可塑性樹脂と前記酸化防止剤との合計含有量が、24.5～32.4 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石用組成

物。

【請求項13】 前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記酸化防止剤の含有量が、2.0～12.0 vol%である請求項11または12に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【請求項14】 請求項11ないし13のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物を混練し、該混練物を用いて射出成形法により磁石形状に成形することを特徴とする希土類ボンド磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、希土類ボンド磁石、希土類ボンド磁石用組成物および希土類ボンド磁石の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】希土類ボンド磁石は、希土類磁石粉末と結合樹脂（有機バインダー）との混合物（コンパウンド）を所望の磁石形状に加圧成形して製造されるものであるが、その成形方法には、圧縮成形法、射出成形法および押出成形法が利用されている。

【0003】圧縮成形法は、前記コンパウンドをプレス金型中に充填し、これを圧縮成形して成形体を得、その後、加熱して結合樹脂である熱硬化性樹脂を硬化させて磁石を製造する方法である。この方法は、他の方法に比べ、結合樹脂の量が少なくても成形が可能であるため、得られた磁石中の樹脂量が少なくなり、磁気特性の向上にとって有利であるが、磁石の形状に対する自由度が小さい。

【0004】押出成形法は、加熱溶融された前記コンパウンドを押出成形機の金型から押し出すとともに冷却固化し、所望の長さで切断して、磁石とする方法である。この方法では、磁石の形状に対する自由度が大きく、薄肉、長尺の磁石をも容易に製造できるという利点があるが、成形時における溶融物の流動性を確保するために、結合樹脂の添加量を圧縮成形法のそれに比べて多くする必要があり、従って、得られた磁石中の樹脂量が多く、磁気特性が低下するという欠点がある。

【0005】射出成形法は、前記コンパウンドを加熱溶融し、十分な流動性を持たせた状態で該溶融物を金型内に注入し、所定の磁石形状に成形する方法である。この方法では、磁石の形状に対する自由度は、押出成形法に比べさらに大きく、特に、異形状の磁石をも容易に製造できるという利点がある。しかし、成形時における溶融物の流動性は、前記押出成形法より高いレベルが要求されるので、結合樹脂の添加量は、押出成形法のそれに比べてさらに多くする必要があり、従って、得られた磁石中の樹脂量が多く、磁気特性がさらに低下するという欠点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、射出

成形の利点を生かしつつ、少量の結合樹脂で、成形性、磁気特性に優れた希土類ボンド磁石、このような磁石を得ることができる希土類ボンド磁石用組成物および希土類ボンド磁石の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(14)の本発明により達成される。

【0008】(1) 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂とを含む希土類ボンド磁石用組成物を用い、射出成形により製造される希土類ボンド磁石であって、希土類ボンド磁石中の前記希土類磁石粉末の含有量が、68～76 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石。

【0009】(2) 空孔率が2 vol%以下である上記(1)記載の希土類ボンド磁石。

【0010】(3) 前記熱可塑性樹脂は、融点が400℃以下のものである上記(1)または(2)に記載の希土類ボンド磁石。

【0011】(4) 前記熱可塑性樹脂は、ポリアミド、液晶ポリマーまたはポリフェニレンサルファイドである上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0012】(5) 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Coを主とする遷移金属とを基本成分とするものである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0013】(6) 前記希土類磁石粉末は、R(ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするものである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0014】(7) 前記希土類磁石粉末は、Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするものである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0015】(8) 前記希土類磁石粉末は、上記(5)、(6)および(7)に記載の希土類磁石粉末のうちの少なくとも2種を混合したものである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0016】(9) 無磁場中で成形された場合の磁気エネルギー積(BH)_{max}が6 MGOe以上である上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0017】(10) 磁場中で成形された場合の磁気エネルギー積(BH)_{max}が10 MGOe以上である上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石。

【0018】(11) 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂と酸化防止剤とを含み、射出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物であって、前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記希土類磁石粉末の含有量が、67.6～75.5 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石用組

成物。

【0019】(12) 希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂と酸化防止剤とを含み、射出成形に供される希土類ボンド磁石用組成物であって、前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記熱可塑性樹脂と前記酸化防止剤との合計含有量が、24.5～32.4 vol%であることを特徴とする希土類ボンド磁石用組成物。

【0020】(13) 前記希土類ボンド磁石用組成物中の前記酸化防止剤の含有量が、2.0～12.0 vol%である上記(11)または(12)に記載の希土類ボンド磁石用組成物。

【0021】(14) 上記(11)ないし(13)のいずれかに記載の希土類ボンド磁石用組成物を混練し、該混練物を用いて射出成形法により磁石形状に成形することを特徴とする希土類ボンド磁石の製造方法。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の希土類ボンド磁石、希土類ボンド磁石用組成物および希土類ボンド磁石の製造方法について詳細に説明する。

【0023】まず、本発明の希土類ボンド磁石について説明する。本発明の希土類ボンド磁石は、射出成形により製造されるものであり、以下のような希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂よりなる結合樹脂とを含む。さらに、以下のような酸化防止剤を含むのが好ましい。

【0024】1. 希土類磁石粉末

希土類磁石粉末としては、希土類元素と遷移金属とを含む合金よりなるものが好ましく、特に、次の[1]～[4]が好ましい。

【0025】[1] Smを主とする希土類元素と、Coを主とする遷移金属とを基本成分とするもの(以下、Sm-Co系合金と言う)。

【0026】[2] R(ただし、RはYを含む希土類元素のうち少なくとも1種)と、Feを主とする遷移金属と、Bとを基本成分とするもの(以下、R-Fe-B系合金と言う)。

【0027】[3] Smを主とする希土類元素と、Feを主とする遷移金属と、Nを主とする格子間元素とを基本成分とするもの(以下、Sm-Fe-N系合金と言う)。

【0028】[4] 前記[1]～[3]の組成のもののうち、少なくとも2種を混合したもの。この場合、混合する各磁石粉末の利点を併有することができ、より優れた磁気特性を容易に得ることができる。

【0029】Sm-Co系合金の代表的なものとしては、SmCo₅、Sm₂Tm₁₇(ただしTmは、遷移金属)が挙げられる。

【0030】R-Fe-B系合金の代表的なものとしては、Nd-Fe-B系合金、Pr-Fe-B系合金、Nd-Pr-Fe-B系合金、Ce-Nd-Fe-B系合金、Ce-Pr-Nd-Fe-B系合金、これらにおけ

るFeの一部をCo、Ni等の他の遷移金属で置換したもの等が挙げられる。

【0031】Sm-Fe-N系合金の代表的なものとしては、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ 合金を窒化して作製した $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ が挙げられる。

【0032】磁石粉末における前記希土類元素としては、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、ミッシュメタルが挙げられ、これらを1種または2種以上含むことができる。また、前記遷移金属としては、Fe、Co、Ni等が挙げられ、これらを1種または2種以上含むことができる。また、磁気特性を向上させるために、磁石粉末中には、必要に応じ、B、Al、Mo、Cu、Ga、Si、Ti、Ta、Zr、Hf、Ag、Zn等を含有することもできる。

【0033】また、磁石粉末の平均粒径は、特に限定されないが、 $0.5\sim 50\mu\text{m}$ 程度が好ましく、 $1\sim 30\mu\text{m}$ 程度がより好ましい。また、後述するような少量の結合樹脂で射出成形時の良好な成形性を得るために、磁石粉末の粒径分布は、ある程度分散されている（バラツキがある）のが好ましい。これにより、得られたボンド

磁石の空孔率を低減することもできる。なお、前記[4]の場合、混合する磁石粉末の組成毎に、その平均粒径が異なってもよい。

【0034】磁石粉末の製造方法は、特に限定されず、例えば、溶解・鋳造により合金インゴットを作製し、この合金インゴットを適度な粒度に粉砕し（さらに分級し）て得られたもの、アモルファス合金を製造するのに用いる急冷薄帯製造装置で、リボン状の急冷薄片（微細な多結晶が集合）を製造し、この薄片（薄帯）を適度な粒度に粉砕し（さらに分級し）て得られたもの等、いずれでもよい。

【0035】このような希土類磁石粉末の含有量は、 $68\sim 76\text{ vol}\%$ 程度であり、特に、 $70\sim 76\text{ vol}\%$ 程度であるのが好ましく、 $72\sim 76\text{ vol}\%$ 程度であるのがより好ましい。磁石粉末の含有量が少な過ぎると、磁気特性（特に磁気エネルギー積）が低下し、また、磁石粉末の含有量が多過ぎると、相対的に結合樹脂の含有量が少なくなるので、射出成形時における流動性が低下し、成形が困難または不能となる。

【0036】2. 結合樹脂（バインダー）
結合樹脂（バインダー）としては、熱可塑性樹脂が用いられる。結合樹脂として従来より用いられている例えばエポキシ樹脂のような熱硬化性樹脂を用いた場合には、成形時における流動性が悪いので、成形性が劣り、磁石の空孔率が増大し、機械的強度および耐食性が低い。熱可塑性樹脂を用いた場合には、このような問題が解消される。また、熱可塑性樹脂は、その種類、共重合化等により、例えば成形性を重視したものや、耐熱性、機械的強度を重視したものというように、広範囲の選択が可

能となる。

【0037】使用し得る熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド（例：ナイロン6、ナイロン66、ナイロン610、ナイロン612、ナイロン11、ナイロン12、ナイロン6-12、ナイロン6-66）、熱可塑性ポリイミド、液晶ポリマー、ポリフェニレンオキサイド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリエーテル、ポリアセタール等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

【0038】これらのうちでも、射出成形における成形性の向上がより顕著であり、また機械的強度が強いことから、ポリアミド、耐熱性向上の点から、液晶ポリマー、ポリフェニレンサルファイドを主とするものが好ましく、ポリアミド、液晶ポリマーを主とするものが特に好ましい。

【0039】用いられる熱可塑性樹脂は、融点が 400°C 以下のものであるのが好ましく、 300°C 以下のものであるのがより好ましい。融点が 400°C を超えると、成形時の温度が上昇し、磁石粉末等の酸化が生じ易くなる。

【0040】また、流動性、成形性をより向上するために、用いられる熱可塑性樹脂の平均分子量（重合度）は、 $10000\sim 60000$ 程度であるのが好ましく、 $12000\sim 30000$ 程度であるのがより好ましい。

【0041】3. 酸化防止剤

酸化防止剤は、後述する希土類ボンド磁石用組成物を混練する際等に、希土類磁石粉末の酸化（劣化、変質）や結合樹脂の酸化（希土類磁石粉末の金属成分が触媒として働くことにより生じる）を防止するために該組成物中に添加される添加剤である。この酸化防止剤の添加は、希土類磁石粉末の酸化を防止し、磁石の磁気特性の向上を図るのに寄与するとともに、希土類ボンド磁石用組成物の混練時、成形時における熱的安定性の向上に寄与し、少ない結合樹脂量で良好な成形性を確保する上で重要な役割を果たしている。

【0042】この酸化防止剤は、希土類ボンド磁石用組成物の混練時や成形時等の中間工程において揮発したり、変質したりするので、製造された希土類ボンド磁石中には、その一部が残留した状態で存在している。従って、希土類ボンド磁石中の酸化防止剤の含有量は、希土類ボンド磁石用組成物中の酸化防止剤の添加量に対し、例えば $10\sim 90\%$ 程度、特に $20\sim 80\%$ 程度となる。

【0043】酸化防止剤としては、希土類磁石粉末等の酸化を防止または抑制し得るものであればいかなるものでもよく、例えば、アミン系化合物、アミノ酸系化合物、ニトロカルボン酸類、ヒドラジン化合物、シアン化

合物、硫化物等の、金属イオン、特にFe成分に対しキレート化合物を生成するキレート化剤が好適に使用される。なお、酸化防止剤の種類、組成等については、これらのものに限定されないことは言うまでもない。

【0044】このような本発明の希土類ボンド磁石において、空孔率は、2 vol%以下であるのが好ましく、1.5 vol%以下であるのがより好ましい。空孔率が2 vol%を超えると、磁石粉末の組成、含有量、熱可塑性樹脂の組成等の他の条件によっては、磁石の機械的強度および耐食性が低下するおそれがある。

【0045】以上のような本発明の希土類ボンド磁石は、磁石粉末の組成、磁石粉末の含有量の多さ等から、等方性磁石であっても、優れた磁気特性を有する。

【0046】すなわち、本発明の希土類ボンド磁石は、無磁場中で成形されたものの場合、磁気エネルギー積(BH)_{max} が6 MGOe以上であるのが好ましく、7 MGOe以上であるのがより好ましい。また、磁場中で成形されたものの場合、磁気エネルギー積(BH)_{max} が10 MGOe以上であるのが好ましく、12 MGOe以上であるのがより好ましい。

【0047】なお、本発明の希土類ボンド磁石の形状、寸法等は特に限定されず、例えば、形状に関しては、例えば、円柱状、角柱状、円筒状、円弧状、平板状、湾曲板状等のあらゆる形状のものが可能であり、その大きさも、大型のものから超小型のものまであらゆる大きさのものが可能である。

【0048】次に、本発明の希土類ボンド磁石用組成物について説明する。

【0049】本発明の希土類ボンド磁石用組成物は、主に、前述した希土類磁石粉末と、前述した熱可塑性樹脂と、前述した酸化防止剤とで構成される。

【0050】この場合、希土類ボンド磁石用組成物中の希土類磁石粉末の含有量(添加量)は、67.6～75.5 vol%程度とするのが好ましく、69.5～75.5 vol%程度とするのがより好ましく、71.5～75.5 vol%程度とするのがさらに好ましい。磁石粉末の含有量が少な過ぎると、磁気特性(特に磁気エネルギー積)が低下し、また、磁石粉末の含有量が多過ぎると、相対的に結合樹脂の含有量が少なくなるので、射出成形時における流動性が低下し、成形が困難または不能となる。

【0051】また、希土類ボンド磁石用組成物中の熱可塑性樹脂および酸化防止剤のそれぞれの含有量(添加量)は、熱可塑性樹脂、酸化防止剤の種類、組成、成形温度、圧力等の成形条件、成形物の形状、寸法等の諸条件に応じて異なる。得られた希土類ボンド磁石の磁気特性の向上のためには、希土類ボンド磁石用組成物中の熱可塑性樹脂の添加量は、混練および成形が可能な範囲で、できるだけ少ないのが好ましい。

【0052】また、希土類ボンド磁石用組成物中の酸化

防止剤の添加量は、2.0～12.0 vol%程度であるのが好ましく、3.0～10.0 vol%程度であるのがより好ましい。

【0053】希土類ボンド磁石用組成物中の熱可塑性樹脂の添加量が少な過ぎると、希土類ボンド磁石用組成物を混練する際の混練物の粘度が高くなり混練トルクが増大し、発熱により磁石粉末等の酸化が促進される傾向となるので、酸化防止剤等の添加量が少ない場合に、磁石粉末等の酸化を十分に抑制することができなくなるとともに、混練物(樹脂溶融物)の粘度上昇等により成形性が劣り、低空孔率、高機械的強度の磁石が得られない。

また、熱可塑性樹脂の添加量が多過ぎると、成形性は良好であるが、得られた磁石中の結合樹脂含有量が多くなり、磁気特性が低下する。

【0054】一方、希土類ボンド磁石用組成物中の酸化防止剤の添加量が少な過ぎると、酸化防止効果が少なく、磁石粉末の含有量が多い場合に、磁石粉末等の酸化を十分に抑制することができなくなる。また、酸化防止剤の添加量が多過ぎると、相対的に樹脂量が減少し、成形体の機械的強度が低下する傾向を示す。

【0055】このように、熱可塑性樹脂の添加量が比較的多ければ、酸化防止剤の添加量を少なくすることができ、逆に、熱可塑性樹脂の添加量が少なければ、酸化防止剤の添加量を多くする必要がある。従って、希土類ボンド磁石用組成物中の熱可塑性樹脂と酸化防止剤との合計添加量は、24.5～32.4 vol%であるのが好ましく、24.5～30.5 vol%であるのがより好ましく、24.5～28.0 vol%であるのがさらに好ましい。このような範囲とすることにより、射出成形時における流動性、成形性、磁石粉末等の酸化防止の向上に寄与し、低空孔率、高機械的強度、高磁気特性の磁石が得られる。

【0056】また、希土類ボンド磁石用組成物には、必要に応じ、例えば、結合樹脂を可塑化する可塑剤(例えば、ステアリン酸塩、脂肪酸)、潤滑剤(例えば、シリコンオイル、各種ワックス、アルミナ、シリカ、チタニア等の各種無機潤滑剤)、その他成形助剤等の各種添加剤を添加することもできる。

【0057】可塑剤の添加は、成形時の流動性を向上させるので、より少ない結合樹脂の添加量で同様の特性を得ることができ、好ましい。潤滑剤の添加についても同様である。可塑剤の添加量は、0.1～2.0 vol%程度であるのが好ましく、潤滑剤の添加量は、0.2～2.5 vol%程度であるのが好ましい。

【0058】次に、本発明の希土類ボンド磁石の製造方法について説明する。本発明の希土類ボンド磁石の製造方法は、前述した希土類ボンド磁石用組成物を用い、次のようにして行われる。

【0059】希土類磁石粉末と熱可塑性樹脂と酸化防止剤を含む希土類ボンド磁石用組成物(混合物)を混練

機等を用いて十分に混練する。このとき、混練温度は、150～350℃程度が好ましい。

【0060】得られた混練物（コンパウンド）を、射出成形機の射出シリンダ内で、熱可塑性樹脂の溶融温度以上の温度に加熱して溶融し、この溶融物を磁場中または無磁場中（配向磁場が例えば6～18kOe）で、射出成形機の金型内に注入する。このとき、射出シリンダ内の温度は、220～350℃程度が好ましく、射出圧力は、30～100kgf/cm²程度が好ましく、金型温度は、70～100℃程度が好ましい。

【0061】その後、成形体を冷却固化し、所望の形状、寸法の希土類ボンド磁石を得る。このとき、冷却時間は、5～30秒程度が好ましい。

【0062】以上のような方法により、磁石の形状に対する自由度が広く、少ない樹脂量でも流動性、成形性に優れ、寸法精度が高く、また、成形サイクルが短く、量産に適した希土類ボンド磁石を製造することができる。

【0063】なお、混練条件、成形条件等は、上記範囲のものに限定されないことは、言うまでもない。

【0064】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例について説明する。

【0065】（実施例1～12、比較例1、2）下記組成①、②、③、④、⑤、⑥の6種の希土類磁石粉末と、下記A、B、Cの3種の熱可塑性樹脂（結合樹脂）と、ヒドラジン系酸化防止剤とを用意し、これらを下記表1に示す所定の組み合わせおよび量で混合し、希土類ボンド磁石用組成物を得た。

【0066】①急冷Nd₁₂Fe₈₂B₆粉末（平均粒径＝19μm）

②急冷Nd₈Pr₄Fe₈₂B₆粉末（平均粒径＝18μm）

③急冷Nd₁₂Fe₇₈Co₄B₆粉末（平均粒径＝20μm）

④Sm(Co_{0.604}Cu_{0.06}Fe_{0.32}Zr_{0.016})_{8.3}粉末（平均粒径＝22μm）

⑤Sm₂Fe₁₇N₃粉末（平均粒径＝2μm）

⑥HDDR法による異方性Nd₁₃Fe₆₉Co₁₁B₆Ga

1 粉末（平均粒径＝30μm）

A. ポリアミド（ナイロン12）、融点：175℃

B. 液晶ポリマー、融点：180℃

C. ポリフェニレンサルファイド（PPS）、融点：280℃

次に、表1に示す各希土類ボンド磁石用組成物をスクリー式混練機を用いて、十分に混練し、コンパウンドを製造した。このときの混練条件を下記表2、表3に示す。

10 【0067】得られたコンパウンドを用い、射出成形機により下記表2、表3に示す成形条件で射出成形して、希土類ボンド磁石を得た。得られた磁石の形状、寸法、組成、外観（目視観察）、諸特性を下記表4、表5、表6に示す。

【0068】なお、表4～表6中の機械的強度は、別途に外径15mm、高さ3mmの試験片を無磁場で、表2、表3に示す条件で射出成形し、この試験片を用い剪断打ち抜き法により評価した。

20 【0069】また、表4～表6中の耐食性は、得られた希土類ボンド磁石に対し、恒温恒湿槽により80℃、90%RHの条件で加速試験を行い、錆びの発生までの時間により、◎、○、△、×の4段階で評価した。

【0070】（比較例3）磁石粉末①とエポキシ樹脂（熱硬化性樹脂）とを下記表1に示す比率で混合し、この混合物を室温下で混練し、得られたコンパウンドにより下記表3に示す条件で圧縮成形（プレス成形）し、この成形体を150℃で1時間熱処理して樹脂硬化を行い、希土類ボンド磁石を得た。得られた磁石の形状、寸法、組成、外観（目視観察）、諸特性を下記表6に示す。

30 【0071】なお、表6中の機械的強度は、別途に外径15mm、高さ3mmの試験片を無磁場で、表3に示す条件で圧縮成形し、この試験片を用い剪断打ち抜き法により評価した。また、耐食性の評価は、前記と同様にして行った。

【0072】

【表1】

11

12

組 成 [vol%]		組 成 [vol%]	
実施例 1	磁粉① : 67.6 ポリアミド : 32.4	実施例 8	磁粉② : 70 液晶モノマー : 23.5 酸化防止剤 : 5.5 潤滑剤 : 1.0
実施例 2	磁粉② : 70 ポリアミド : 24 酸化防止剤 : 6	実施例 9	磁粉④ : 50 磁粉⑥ : 25 ポリアミド : 18 酸化防止剤 : 6 潤滑剤 : 1.0
実施例 3	磁粉③ : 72 ポリアミド : 20 酸化防止剤 : 6.5 潤滑剤 : 1.5	実施例 10	磁粉③ : 72 PPS : 18 酸化防止剤 : 7.5 潤滑剤 : 1.7 可塑剤 : 0.8
実施例 4	磁粉③ : 75 ポリアミド : 15.5 酸化防止剤 : 7 潤滑剤 : 1.8 可塑剤 : 0.7	実施例 11	磁粉④ : 55 磁粉⑤ : 10 磁粉⑥ : 5 PPS : 22.5 酸化防止剤 : 7.5
実施例 5	磁粉④ : 75 ポリアミド : 18 酸化防止剤 : 5 潤滑剤 : 1.5 可塑剤 : 0.5	実施例 12	磁粉④ : 50 磁粉⑤ : 12 磁粉⑥ : 10 液晶モノマー : 19.5 酸化防止剤 : 7.5 可塑剤 : 1.0
実施例 6	磁粉⑤ : 72 ポリアミド : 19 酸化防止剤 : 6 潤滑剤 : 2.0 可塑剤 : 1.0	比較例 1	磁粉① : 80 ポリアミド : 20
実施例 7	磁粉④ : 57 磁粉⑤ : 18 ポリアミド : 17 酸化防止剤 : 5.5 潤滑剤 : 1.8 可塑剤 : 0.7	比較例 2	磁粉① : 78 ポリアミド : 15 酸化防止剤 : 6 潤滑剤 : 1.0
		比較例 3	磁粉① : 80 エポキシ樹脂 : 20

【0073】

* * 【表2】

	混練条件		成形条件				
	混練温度 [℃]	混練強さ* [cm]	成形方法	射出機内温度 [℃]	射出圧力 [kgf/cm ²]	金型温度 [℃]	配向磁界 [kOe]
実施例1	230	20	射出成形	260	50	90	無磁場中
実施例2	230	20	射出成形	260	50	90	無磁場中
実施例3	230	25	射出成形	260	50	90	無磁場中
実施例4	230	30	射出成形	260	60	90	無磁場中
実施例5	250	30	射出成形	300	60	90	15
実施例6	240	35	射出成形	270	60	90	15
実施例7	250	25	射出成形	290	60	90	15
実施例8	250	25	射出成形	280	70	90	15

* : 混練機におけるニーディングディスク部の総長

表3へ続く

【0074】

※ ※ 【表3】

13

14

	混練条件		成形条件				
	混練温度 [℃]	混練強さ* [cm]	成形方法	997内温度 [℃]	射出圧力 [kgf/cm ²]	金型温度 [℃]	配向磁界 [kOe]
実施例9	240	25	射出成形	290	60	90	18
実施例10	300	30	射出成形	320	80	90	無磁場中
実施例11	300	30	射出成形	320	80	90	18
実施例12	250	25	射出成形	280	70	90	18
比較例1	230	30	射出成形	混練不能			無磁場中
比較例2	230	30	射出成形	成形不能			無磁場中
比較例3	室温	—	圧縮成形	プレス圧力: 7t/cm ²		室温	無磁場中

*: 混練機におけるニーディングディスク部の総長

【0075】

* * 【表4】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol%]	磁気エネルギー積 (BH) _{max} [MGDe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/mm ²]	耐食性
実施例1	円筒状	外径: 20 肉厚: 1.0 長さ: 10	磁粉①: 68 ポリアミド: 32	6.4	6.38	1.4	良好	6.6	○
実施例2	円筒状	外径: 20 肉厚: 1.0 長さ: 10	磁粉②: 72 ポリアミド: 25 酸化防止剤: 約2	7.5	5.58	1.1	良好	7.8	○
実施例3	円筒状	外径: 20 肉厚: 1.0 長さ: 10	磁粉③: 74 ポリアミド: 21 酸化防止剤: 約4 潤滑剤: 微量	8.3	5.70	1.1	良好	7.4	○
実施例4	円筒状	外径: 20 肉厚: 1.0 長さ: 10	磁粉④: 77 ポリアミド: 16 酸化防止剤: 約5 潤滑剤・可塑剤: 微量	9.0	5.87	1.2	良好	5.5	○
実施例5	円柱状	外径: 15 長さ: 10	磁粉⑤: 76 ポリアミド: 19 酸化防止剤: 約3 潤滑剤・可塑剤: 微量	15.6	7.03	1.3	良好	5.7	○

表5へ続く

【0076】

※30※【表5】

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol%]	磁気エネルギー積 (BH) _{max} [MGDe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外観	機械的強度 [kgf/mm ²]	耐食性
実施例6	円柱状	外径: 15 長さ: 10	磁粉⑥: 73 ポリアミド: 20 酸化防止剤: 約4 潤滑剤・可塑剤: 微量	14.8	5.75	1.2	良好	5.2	○
実施例7	円柱状	外径: 15 長さ: 10	磁粉⑦: 58 磁粉⑧: 19 ポリアミド: 18 酸化防止剤: 約3 潤滑剤・可塑剤: 微量	16.2	7.06	1.1	良好	5.0	○
実施例8	円柱状	外径: 15 長さ: 10	磁粉⑨: 72 液晶系7-24 酸化防止剤: 約3 潤滑剤: 微量	7.3	5.61	1.2	良好	8.1	○
実施例9	円柱状	外径: 15 長さ: 10	磁粉⑩: 51 磁粉⑪: 26 ポリアミド: 18.5 酸化防止剤: 約3.5 潤滑剤: 微量	15.6	6.99	1.3	良好	8.0	○

表6へ続く

【0077】

★ ★ 【表6】

15

16

	磁石形状	磁石寸法 [mm]	磁石組成 [vol%]	磁気エネルギー積 (BH) _{max} [MGOe]	密度ρ [g/cm ³]	空孔率 [%]	外 観	機械的強度 [kgf/mm ²]	耐食性
実施例10	円筒状	外径: 2.0 肉厚: 1.0 長さ: 1.0	磁粉④ : 7.3 PPS : 1.8 酸化防止剤: 約5 潤滑剤・可塑剤: 微量	7.9	5.73	1.2	良好	8.2	○
実施例11	円柱状	外径: 1.5 長さ: 1.0	磁粉④ : 5.6 磁粉⑤ : 1.1 磁粉⑥ : 5 PPS : 2.2 酸化防止剤: 約5	13.4	6.86	1.1	良好	8.3	○
実施例12	円柱状	外径: 1.5 長さ: 1.0	磁粉④ : 5.1 磁粉⑤ : 1.2 磁粉⑥ : 1.1 液晶樹脂: 2.0 酸化防止剤: 約5 可塑剤 : 微量	14.1	6.82	1.2	良好	6.0	○
比較例1	円柱状	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例2	円筒状	—	—	測定不能	測定不能	測定不能	成形不能	—	—
比較例3	円筒状	外径: 2.0 肉厚: 1.0 長さ: 1.0	磁粉④ : 7.5 エポキシ樹脂: 1.5	測定不能	—	10	磁石外面に樹脂のしみ出し	4.9	△

【0078】各表に示すように、実施例1～12の希土類ボンド磁石は、いずれも、空孔率が低く、成形性、磁気特性（磁気エネルギー積）、耐食性に優れ、機械的強度も高いものであることが確認された。

【0079】これに対し、比較例1の希土類ボンド磁石は、希土類磁石粉末の含有量が多過ぎるため、希土類ボンド磁石用組成物の混練が不能であった。

【0080】また、比較例2では、酸化防止剤および潤滑剤を添加したため、希土類ボンド磁石用組成物の混練は可能であったが、やはり希土類磁石粉末の含有量が多

*過ぎるため、射出成形が不能であった。

【0081】また、比較例3では、磁石の外面に樹脂がしみ出すという異常が発生した。

【0082】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、磁石の形状や寸法に対する自由度が広く、寸法精度が高く、成形サイクルが短く、量産に適するという射出成形の利点を享受しつつ、少ない結合樹脂量で、成形性、耐食性に優れ、機械的強度が高く、磁気特性に優れた希土類ボンド磁石を提供することができる。

フロントページの続き

(72)発明者 中村 良樹
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 井熊 健
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内